

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

41

(11)Publication number : 07-128592

(43)Date of publication of application : 19.05.1995

(51)Int.Cl. G02B 13/18
G02B 13/24

(21)Application number : 05-275658

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 04.11.1993

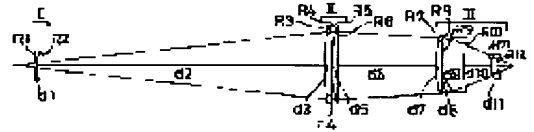
(72)Inventor : KONUMA OSAMU

(54) REDUCTION STEPPING LENS

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the reduction stepping lens which is improved in transmittance and is provided with high resolution by reducing the total thickness of the glass material of a lens system.

CONSTITUTION: This reduction stepping lens is composed of total three groups; a first group I having a negative refracting power, a second group II having a positive refracting power and a third group III having a positive refracting power and is constituted to satisfy the conditions $3 < |f_1/f| < 5$, $10 < f_2/f < 25$ when the focal lengths of the first group I, the second group II and the entire system are respectively defined as f_1 , f_2 and f . The respective groups have at least one face of aspherical faces. The respective aspherical faces are preferably aspherical faces of a shape to weaken the refracting power near the optical axis nearer the peripheral edges from the optical axis of the lenses. The respective lenses are preferably composed of the glass material having a refractive index of $3 \leq 1.6$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-128592

(43) 公開日 平成7年(1995)5月19日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 13/18
13/24

識別記号

庁内整理番号

9120-2K
9120-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-275658

(22) 出願日 平成5年(1993)11月4日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 小沼 修

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号オリン
パス光学工業株式会社内

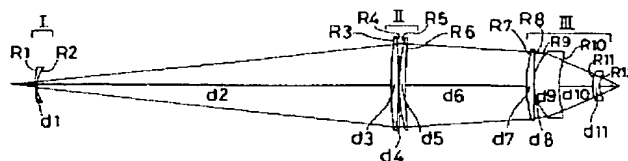
(74) 代理人 弁理士 菲澤 弘 (外7名)

(54) 【発明の名称】 縮小投影レンズ

(57) 【要約】

【目的】 レンズ系の硝材総肉厚を薄くして透過率を向上させることができる高解像の縮小投影レンズ。

【構成】 負の屈折力を持つ第1群Iと、正の屈折力を持つ第2群IIと、正の屈折力を持つ第3群IIIとの計3群から構成され、第1群I、第2群II、及び、全系の焦点距離をそれぞれ f_1 、 f_2 、 f としたとき、 $3 < |f_1/f| < 5$ 、 $1.0 < f_2/f < 2.5$ の条件を満足する。各群に少なくとも1面の非球面を有し、各非球面は、レンズ光軸から周縁に行くに従って光軸近傍の屈折力を弱める形状の非球面であることが望ましく、また、各レンズを屈折率1.6以下の硝材により構成することが望ましい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群と、正の屈折力を持つ第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群との計3群から構成され、第1

$$3 < |f_1 / f| < 5$$

$$1.0 < f_2 / f < 2.5$$

【請求項2】 各群に少なくとも1面の非球面を有し、各非球面は、レンズ光軸から周縁に行くに従って光軸近傍の屈折力を弱める形状の非球面であることを特徴とする請求項1記載の縮小投影レンズ。

【請求項3】 各レンズを屈折率1.6以下の硝材により構成することを特徴とする請求項1記載の縮小投影レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、IC、LSI等の集積回路を製造する装置に搭載される縮小投影レンズに関し、特に、縮小投影露光法によって回路パターンを描かれたマスクから、その回路パターンをシリコンウェハ上に転写する際に用いられる縮小投影レンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、投影レンズによる投影像の解像力は、その開口数に比例し、使用する波長に反比例する。近年、回路パターンの高集積化が進み、それに伴って解像力の良いレンズが要求されてきており、開口数を大きくして行くとそれに比例して解像力は良くなって行くと、焦点深度が浅くなり、焦点合わせを非常に正確に行う必要が生じる。また、回路パターンを転写するシリコンウェハの平坦度も非常に厳しい値が要求され、実用には向かなくなってしまう。そのため、近年では、開口数を大きくするよりも、使用波長を短くして焦点深度を保ちつつ解像度を上げることが行われるようになった。

【0003】現在では、水銀灯による436nmから365nmの光が使用されるようになっているが、近年、

$$3 < |f_1 / f| < 5$$

$$1.0 < f_2 / f < 2.5$$

この場合、各群に少なくとも1面の非球面を有し、各非球面は、レンズ光軸から周縁に行くに従って光軸近傍の屈折力を弱める形状の非球面であることが望ましい。また、各レンズを屈折率1.6以下の硝材により構成することが望ましい。

【0008】

【作用】以下、上記構成をとった理由とその作用を詳細に説明する。縮小投影レンズとしては、高解像度と広い露光領域を確保するために、像面湾曲をほぼ完全に補正しなくてはならない。像面湾曲を補正するには、ベッツパール和を小さく抑えればよいが、そのためには、正、負の屈折力を持つレンズを多数枚、適切な位置に配置す

レンズ群、第2レンズ群、及び、全系の焦点距離をそれぞれ f_1 、 f_2 、 f としたとき、以下の条件を満足することを特徴とする縮小投影レンズ。

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

248nmを発光スペクトルとするKrFエキシマレーザを使用する特開昭60-140310号や、193nmを発光スペクトルとするArFエキシマレーザを使用する特開平1-315709号等の提案がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、投影露光の使用波長が250nm以下になると、使用できる硝材の透過率の低下が少ないという観点から、硝材はSiO₂又はCaF₂に限られる。しかも、加工性等を考慮すると、SiO₂しか使用できる硝材はなく、さらに、波長200nm以下では、このSiO₂を使用しても透過率が低い。従来エキシマレーザを光源とし、SiO₂を使用した縮小投影レンズは、レンズ枚数が多く、硝材総肉厚が厚いので、透過率が低く、そのため、レンズの露光熱吸収による倍率変動やベストフォーカス変動、露光量不足による低スループット等の問題があった。

【0005】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、レンズ系の硝材総肉厚を薄くして透過率を向上させることができる高解像の縮小投影レンズを提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の縮小投影レンズは、物体側より順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群と、正の屈折力を持つ第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群との計3群から構成され、第1レンズ群、第2レンズ群、及び、全系の焦点距離をそれぞれ f_1 、 f_2 、 f としたとき、以下の条件を満足することを特徴とするものである。

【0007】

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

ることが必要である。そのために、縮小投影レンズはレンズ枚数が多くならざるを得ない。

【0009】一方、縮小投影レンズの透過率を高くするためには、硝材総肉厚を薄くしなければならないが、そのためには、レンズ一枚一枚を薄くすると同時に、レンズ枚数を減らすことが必要である。つまり、高解像度を確保するという条件と硝材総肉厚を薄くするという条件を同時に満足するのは難しい。

【0010】本発明の縮小投影レンズは、少ないレンズ枚数で効果的にベッツパール和を小さくするために、物体面に近く光線高の低い位置に配置した第1レンズ群の負の屈折力により、大きく負のベッツパール値を発生さ

せ、これ以降の像面側の光線高の高い位置に配置した第2レンズ群、第3レンズ群の正の屈折力により正のベッツバール和を小さくする構成をとっている。本構成をとることによって、少ないレンズ枚数でベッツバール和を小さくすることが可能となる。

【0011】 $|f_1/f|$ と f_2/f についての条件式は、各レンズ群の屈折力を制限するものであり、高解像の投影レンズを達成するために必要な構成要件である。この場合、 $|f_1/f|$ が5以上であると、第1レンズ群の屈折力が小さくなりすぎ、全体のベッツバール和を小さく抑えられず、また、3以下であると、負の屈折力

$$-0.1 < d_s/f_2 < 0.2$$

式(3)の符号は、第2レンズ群の後側主点よりも f_{3f} が像面側にあるときをプラス、物体側にあるときをマイナスとする。本発明のような縮小投影レンズにおいては、像面のディフォーカスや像面の平坦性の悪さによる像の倍率変動を抑えるために、射出側テレセントリックであることが一般的である。本発明の場合、 f_{3f} は瞳位置に一致する。つまり、上記条件は第2レンズ群と瞳位置との関係を規定するものである。 $-0.1 > d_s/f_2$ となると、第2レンズ群で内コマ収差が生じ、第1レンズ群で生ずる内コマ収差と相乗し、第3レンズ群でのコマ収差補正を困難にする。一方、 $d_s/f_2 > 0.2$ では、外コマ収差が強く発生し過ぎ、第3レンズ群の非球面は後述する通り、球面収差を補正すると共に外コマ収差を作り出す作用を持つが、第1レンズ群の発生する内コマ収差以上に、第2、第3レンズ群の外コマ収差が増え、全体として外コマ収差が残ってしまう。

【0014】また、別に、本構成の縮小投影レンズは、各群に少なくとも1面の非球面を有することが望ましい。これは、少ないレンズ枚数の上記構成では補正しきれない諸収差を補正するためである。第1レンズ群の非球面は、ここで発生する正の歪曲収差を補正するために用いる。第2レンズ群の非球面は、構成レンズエレメントが少ないことによる負の球面収差を補正するために用いる。第3レンズ群の非球面は、第1レンズ群で発生した内コマ収差を補正するためと、本レンズ群自身で発生する球面収差を補正するために用いる。さらには、これらの非球面は、レンズ光軸から周縁に行くに従って光軸近傍の屈折力を弱める形状の非球面であることが好ましい。

$2000 \text{ (mm)} < |f_{33}|$
 $|f_{33}|$ が2000mm以下であると、球面成分で低次のコマ収差が発生してしまう。

【0019】次に、本発明の実施例2について説明する。図2において、第1群Iは物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズ1枚から、第2群IIは物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ1枚から、第3群IIIは両凸レンズ1枚と像側に凹面を向けた正のメニスカスレンズ1枚と像側に凹面を向けたパワーレスのメニスカス

が大きくなることによって第1レンズ群の面の曲率がきつくなり、諸収差の発生が大きくなる。また、 f_2/f が2.5以上であると、少ない枚数の正の屈折力のレンズで光線を結像させることができず、また、1.0以下であると、正の屈折力が大きくなることによって負の球面収差の発生が大きくなる。

【0012】さらに、第3レンズ群の前側焦点位置を f_{3f} とし、第2レンズ群の後側主点を基準とした f_{3f} との距離を d_s としたとき、以下の条件を満足することが望ましい。

【0013】
 $\dots (3)$

【0015】また、別に、本構成の縮小投影レンズは、屈折率1.6以下の硝材で構成することが好ましい。これは、エキシマレーザのようなスペクトル幅が非常に狭い光を使用するに当たり、レンズの色収差を考慮しなくてもよく、色収差補正のために屈折率が1.6以上の硝材を使用する必要がないからである。

【0016】

【実施例】以下、本発明の縮小投影レンズの実施例1～4について説明する。図1～図4にそれぞれ実施例1～4のレンズ断面図を示すが、何れの実施例においても、倍率は1/5、開口数は0.45、物像間距離は1000mm、露光領域は10×10mmであり、硝材は全てSiO₂からなる。なお、これらの実施例のレンズデータは後記する。

【0017】まず、本発明の実施例1について説明する。図1において、第1群Iは物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズ1枚から、第2群IIは両凸レンズ1枚と物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ1枚の計2枚から、第3群IIIは像側に凹面を向けた正のメニスカスレンズ2枚と像側に凹面を向けたパワーレスのメニスカスレンズ1枚の計3枚からなる。

【0018】この実施例1と次に述べる実施例2は、特に、第3群IIIの最も像面に近いところに像側に凹面を向けたパワーレスのメニスカスレンズ1枚を配置しているが、この場合、高次のコマ収差を補正するために、少なくともその1面に非球面を用いるのがさらに好ましい。さらに、このパワーレスのメニスカスレンズの焦点距離を f_{33} としたとき、以下の条件を満足することが好ましい。

$\dots (4)$

レンズ1枚の計3枚からなる。第3群IIIの像側に凹面を向けたパワーレスのメニスカスレンズについては、実施例1と同様の作用を持つ。

【0020】次に、本発明の実施例3については、図3において、第1群Iは物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズ1枚から、第2群IIは物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ1枚から、第3群IIIは両凸レンズ1枚と像側に凹面を向けた正のメニスカスレンズ1枚

からなる。

【0021】本発明の実施例4については、図4において、第1群Iは物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズ1枚から、第2群IIは物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ1枚から、第3群IIIは両凸レンズ1枚と像側に凹面を向けた正のメニスカスレンズ1枚からなる。

【0022】以下に各実施例のレンズデータを示すが、レンズデータ中、 R_1 、 R_2 、・・・は各レンズ面の曲

$R_1 = 149.072$	$d_1 = 4$	$n_1 = 1.56$
$R_2 = 53.071$ (非球面)	$d_2 = 580.412$	
$R_3 = 685.808$	$d_3 = 12.808$	$n_2 = 1.56$
$R_4 = -855.88$	$d_4 = 0.08$	
$R_5 = 332.732$	$d_5 = 10.304$	$n_3 = 1.56$
$R_6 = 970.134$ (非球面)	$d_6 = 196.429$	
$R_7 = 236.31$	$d_7 = 10.938$	$n_4 = 1.56$
$R_8 = 1175.523$	$d_8 = 0.714$	
$R_9 = 87.26$	$d_9 = 42.891$	$n_5 = 1.56$
$R_{10} = 194.005$	$d_{10} = 53.429$	
$R_{11} = 68.841$ (非球面)	$d_{11} = 13.136$	$n_6 = 1.56$
$R_{12} = 59.862$		

非球面係数

第2面

$$A = -0.105 \times 10^{-5} \quad B = -0.126 \times 10^{-9}$$

$$C = -0.242 \times 10^{-13} \quad D = -0.176 \times 10^{-16}$$

第6面

$$A = 0.986 \times 10^{-8} \quad B = 0.485 \times 10^{-13}$$

$R_1 = 1736.215$	$d_1 = 5.866$	$n_1 = 1.56$
$R_2 = 68.889$ (非球面)	$d_2 = 543.701$	
$R_3 = 263.312$	$d_3 = 11.509$	$n_2 = 1.56$
$R_4 = 819.653$ (非球面)	$d_4 = 165.728$	
$R_5 = 220.315$	$d_5 = 22.409$	$n_3 = 1.56$
$R_6 = -1415.823$	$d_6 = 49.904$	
$R_7 = 106.825$	$d_7 = 37.488$	$n_4 = 1.56$
$R_8 = 254.313$	$d_8 = 46.233$	
$R_9 = 96.597$ (非球面)	$d_9 = 6.904$	$n_5 = 1.56$
$R_{10} = 103.38$		

非球面係数

第2面

$$A = -0.639 \times 10^{-6} \quad B = -0.155 \times 10^{-10}$$

$$C = -0.103 \times 10^{-13} \quad D = 0.563 \times 10^{-18}$$

第4面

$$A = 0.223 \times 10^{-7} \quad B = 0.151 \times 10^{-12}$$

$R_1 = 6336.701$	$d_1 = 4$	$n_1 = 1.56$
$R_2 = 65.016$ (非球面)	$d_2 = 561.539$	
$R_3 = 261.005$	$d_3 = 15.817$	$n_2 = 1.56$
$R_4 = \infty$ (非球面)	$d_4 = 176.959$	
$R_5 = 232.483$	$d_5 = 20.768$	$n_3 = 1.56$
$R_6 = -632.184$	$d_6 = 40.867$	
$R_7 = 126.144$	$d_7 = 28.872$	$n_4 = 1.56$

率半径、 d_1 、 d_2 ・・・は各レンズ面間の間隔、

n_1 、 n_2 、・・・は各レンズの193nmでの屈折率であり、また、非球面形状は光軸方向をx、光軸に直交する方向をyとしたとき、次式で表される。

$$x = (y^2/r) / [1 + \{1 - (y^2/r^2)\}^{1/2}] + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10}$$

ただし、rは近軸曲率半径、A、B、C、Dはそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0023】実施例1

$C = 0.116 \times 10^{-17}$	$D = 0.44 \times 10^{-22}$
第11面	
$A = -0.745 \times 10^{-6}$	$B = -0.359 \times 10^{-9}$
$C = -0.115 \times 10^{-12}$	$D = -0.595 \times 10^{-17}$

【0024】実施例2

$d_1 = 5.866$	$n_1 = 1.56$
$d_2 = 543.701$	
$d_3 = 11.509$	$n_2 = 1.56$
$d_4 = 165.728$	
$d_5 = 22.409$	$n_3 = 1.56$
$d_6 = 49.904$	
$d_7 = 37.488$	$n_4 = 1.56$
$d_8 = 46.233$	
$d_9 = 6.904$	$n_5 = 1.56$

$C = 0.241 \times 10^{-17}$	$D = 0.209 \times 10^{-21}$
第9面	
$A = -0.277 \times 10^{-6}$	$B = -0.522 \times 10^{-10}$
$C = -0.497 \times 10^{-14}$	$D = 0.69 \times 10^{-18}$

【0025】実施例3

$d_1 = 4$	$n_1 = 1.56$
$d_2 = 561.539$	
$d_3 = 15.817$	$n_2 = 1.56$
$d_4 = 176.959$	
$d_5 = 20.768$	$n_3 = 1.56$
$d_6 = 40.867$	
$d_7 = 28.872$	$n_4 = 1.56$

$$R_8 = 413.522 \text{ (非球面)}$$

非球面係数

第 2 面

$$A = -0.779 \times 10^{-6}$$

$$B = -0.179 \times 10^{-10}$$

$$C = -0.182 \times 10^{-13}$$

$$D = 0.307 \times 10^{-17}$$

第 4 面

$$A = 0.268 \times 10^{-7}$$

$$B = 0.792 \times 10^{-13}$$

$$R_1 = 7761.76$$

$$R_2 = 65.426 \text{ (非球面)}$$

$$R_3 = 260.181$$

$$R_4 = 3358.89 \text{ (非球面)}$$

$$R_5 = 217.213$$

$$R_6 = -768.035 \text{ (非球面)}$$

$$R_7 = 137.413$$

$$R_8 = 634.5 \text{ (非球面)}$$

非球面係数

第 2 面

$$A = -0.777 \times 10^{-6}$$

$$B = -0.144 \times 10^{-10}$$

$$C = -0.182 \times 10^{-13}$$

$$D = 0.307 \times 10^{-17}$$

第 4 面

$$A = 0.275 \times 10^{-7}$$

$$B = 0.13 \times 10^{-12}$$

$$C = 0.417 \times 10^{-17}$$

$$D = 0.175 \times 10^{-21}$$

第 6 面

$$A = 0.523 \times 10^{-9}$$

$$B = -0.25 \times 10^{-12}$$

$$C = 0.951 \times 10^{-17}$$

$$D = -0.425 \times 10^{-22}$$

$$C = 0.250 \times 10^{-17}$$

$$D = 0.155 \times 10^{-21}$$

第 8 面

$$A = 0.438 \times 10^{-7}$$

$$B = 0.215 \times 10^{-12}$$

$$C = 0.424 \times 10^{-16}$$

$$D = 0.645 \times 10^{-20}$$

【0026】実施例 4

$$d_1 = 4$$

$$n_1 = 1.56$$

$$d_2 = 566.358$$

$$d_3 = 14.689$$

$$n_2 = 1.56$$

$$d_4 = 167.605$$

$$d_5 = 21.986$$

$$n_3 = 1.56$$

$$d_6 = 44.28$$

$$d_7 = 26.994$$

$$n_4 = 1.56$$

第 8 面

$$A = 0.484 \times 10^{-7}$$

$$B = 0.678 \times 10^{-12}$$

$$C = 0.114 \times 10^{-16}$$

$$D = 0.534 \times 10^{-20}$$

【0027】次に、上記実施例 1～4 の球面収差、非点収差、歪曲収差、横収差を表す収差図をそれぞれ図 5～図 8 に示す。図中、Y は像高比、M はメリジオナル像面、S はサジタル像面を示す。また、各実施例の条件式 (1)～(3) の値を次表に示す。

	$ f_1 / f $	f_2 / f	d_s / f_2
実施例 1	4.48	11.63	+0.15
実施例 2	4.1	21.99	+0.14
実施例 3	3.95	15.64	-0.04
実施例 4	4.01	17.09	-0.05

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、レンズ系の硝材総肉厚が薄く、透過率の良い、高解像の縮小投影レンズを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の縮小投影レンズの実施例 1 のレンズ断面図である。

【図 2】実施例 2 のレンズ断面図である。

【図 3】実施例 3 のレンズ断面図である。

【図 4】実施例 4 のレンズ断面図である。

【図 5】実施例 1 の球面収差、非点収差、歪曲収差、横

収差を表す収差図である。

【図 6】実施例 2 の球面収差、非点収差、歪曲収差、横収差を表す収差図である。

【図 7】実施例 3 の球面収差、非点収差、歪曲収差、横収差を表す収差図である。

【図 8】実施例 4 の球面収差、非点収差、歪曲収差、横収差を表す収差図である。

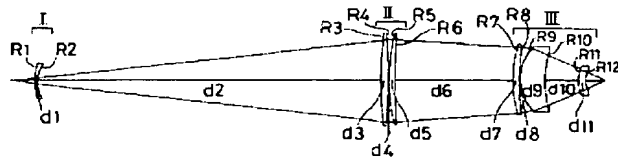
【符号の説明】

I …第 1 レンズ群

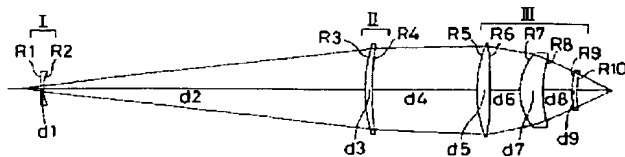
II …第 2 レンズ群

III …第 3 レンズ群

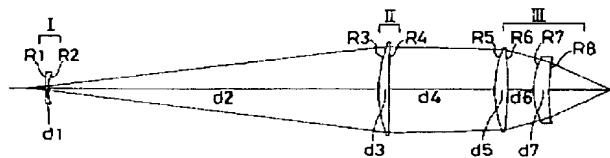
【図 1】



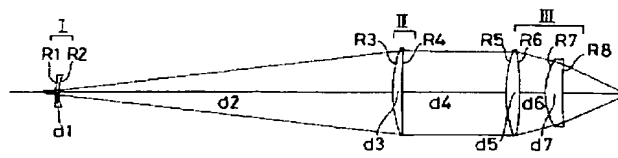
【図 2】



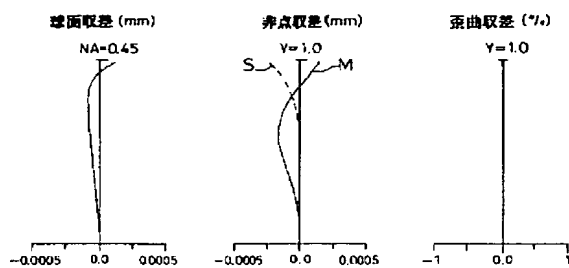
【図 3】



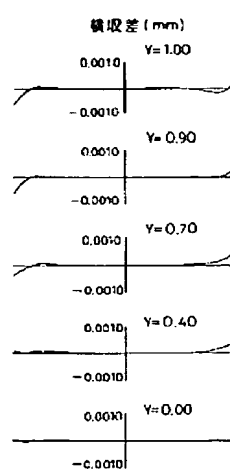
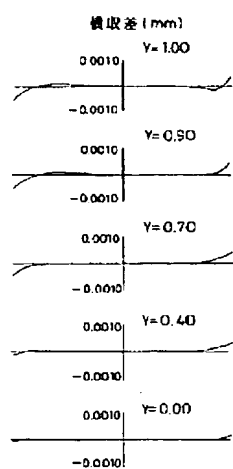
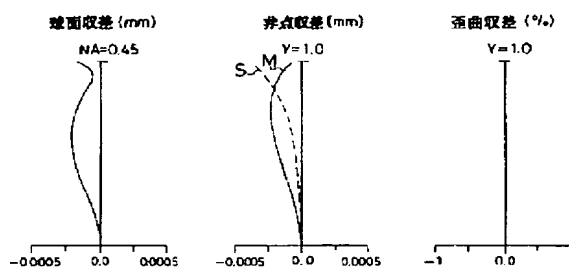
【図 4】



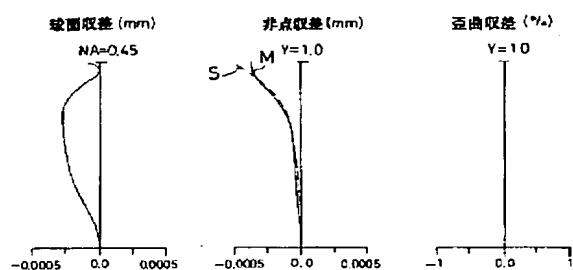
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

